

PEMBUATAN PANEL Cu/ZEOLIT SEBAGAI KOLEKTOR ENERGI SURYA¹

K. F. Nugroho², I.F. Nurcahyo², A. Wijayanto², dan Suprayitno²

INTISARI

Makin berkurangnya sumber energi dari dalam bumi dan bertambah beratnya beban lingkungan terhadap pencemaran, makin mendorong seringnya dilakukan usaha penelitian bagi alternatif sumber energi yang bersifat aman lingkungan dan resiko yang ditimbulkan serendah mungkin. Kajian penggunaan zeolit alam sebagai kolektor energi surya dilakukan dengan mengadopsi sel panel Bailey dan Sand. Penggunaan zeolit baik secara langsung maupun melalui proses aktivasi atau kalsinasi telah banyak dilakukan. Hingga saat ini, zeolit alam yang jumlahnya cukup melimpah, lebih banyak digunakan di bidang industri seperti campuran pakan ternak, zat aditif pupuk, komponen pengolah limbah industri dan katalis untuk suatu reaksi kimia.

Didasarkan sifat isoterms adsorpsi tak gayut tekanan, zeolit memiliki potensi yang besar sebagai adsorpsi panas surya. Kinerja zeolit menyerap panas surya dapat ditingkatkan dengan jalan mengembangkan logam yang konduktivitas termalnya besar. Perbaikan kinerja ini adalah peningkatan hantaran panas yang diserap oleh zeolit ke fluida pembawa panas. Tembaga (Cu) memiliki harga konduktivitas termal yang tinggi, sangat baik untuk diembankan ke dalam zeolit melalui metode impregnasi menjadi campuran Cu/zeolit.

Uji kemampuan panel Cu/zeolit dilakukan pada paparan sinar matahari secara langsung mulai 08.20 - 15.00 WIB. Perubahan suhu yang diamati adalah suhu air masuk ke dalam panel, suhu sistem panel Cu/zeolit, suhu air keluar panel, dan suhu lingkungan setiap 5 menit. Berdasarkan pada hasil kajian sementara pada penerapan panel Cu/zeolit memiliki potensi yang besar sebagai kolektor energi surya. Pada tengah hari yang suhu lingkungannya 33°C, suhu pada permukaan Cu/zeolit dalam panel dapat mencapai 53°C dan mampu menaikkan suhu air masuk dari 29°C menjadi 43°C.

¹ Juara 2 LITM 1998/1999 Bidang Pembangunan Industri, Dosen Pembimbing
Drs. Iqmal Tahir dan Indriana Kartini, S.Si.

² Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM.

PENDAHULUAN

Ketersediaan akan energi merupakan faktor yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Ketergantungan manusia terhadap energi yang bersumber dari pengolahan minyak bumi memunculkan pertanyaan hiamana minyak bumi ini makin berkurang dan habis. Berbagai penelitian terhadap sumber-sumber energi telah dan akan banyak dilakukan, misalnya pemanfaatan Uranium sebagai energi nuklir yang sangat besar namun resiko yang ditimbulkan sangat berbahaya bagi kehidupan manusia, pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi yang dikenal sebagai biogas, dan masih banyak lagi.

Tingkat kebutuhan manusia akan energi makin lama makin besar sebanding dengan kemajuan teknologi yang dicapai. Pemakaian energi secara hemat dan efisien merupakan alternatif yang sangat baik dan mendukung upaya memperpanjang usia pakai sumber energi yang bersifat tak dapat diperbaharui, khususnya batubara dan minyak bumi. Di samping itu, pemanfaatan energi secara hemat dan efisien juga akan sangat mendukung meringankan beban lingkungan terhadap pencemaran. Usaha diversifikasi sumber energi khususnya sumber energi yang dapat diperbaharui perlu dikembangkan. Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi panas tak habis telah banyak dilakukan, baik untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Pada prinsipnya, pemanfaatan energi surya adalah bagaimana energi panas surya ini ditransfer sedemikian rupa sehingga dapat diterapkan menjadi bentuk energi lain yang lebih potensial.

Dari sekian banyak pemanfaatan energi surya, perlu dipandang pula dari aspek-aspek kemudahan penerapannya, seperti aspek ekonomis sehingga energi surya dapat dimanfaatkan tanpa biaya yang mahal. Pembuatan media adsorpsi energi surya berikut penghantar panas senantiasa mengalami perbaikan-perbaikan akibat berbagai alternatif yang disumbangkan, mengingat materi penunjang yang tersedia dalam bumi makin berkurang. Penelitian ini mengkaji penerapan zeolit mengemban tembaga (Cu) sebagai kolektor energi surya yang kemudian diterapkan secara sederhana untuk kebutuhan rumah tangga secara luas.

Pada awal abad duapuluhan, W. J. Bailey membuat sistem penyimpan panas yang disebut kolektor energi surya piring datar (*flat plate collector*) yang mampu menghasilkan air panas sepanjang hari lebih kurang 140°F pada musim panas. Dalam panel yang dibuatnya berisi kumparan tembaga $\frac{3}{4}$ inchi yang dililitkan pada lembaran tembaga. Pada saat itu, pemanfaatan energi surya merupakan metode yang sangat murah diadopsi untuk menghasilkan air panas rumah tangga.

Zeolit mempunyai sifat isoterm adsorpsi uap air yang tidak bersifat linier terhadap tekanan sebagaimana halnya gas atau cairan lainnya. Oleh karena itu, Tchernev (1978) mulai memanfaatkan zeolit sebagai kolektor energi surya berdasarkan sifat-sifat tersebut. Dalam kajiannya, Tchernev (1978) menyatakan bahwa zeolit alam mampu memberikan kelayakan kerja sistem dari kolektor piring datar Bailey.

Penelitian ini merupakan modifikasi sistem kolektor energi surya Bailey dengan mengembangkan tembaga ke dalam zeolit alam yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Bahan isolator yang dipakai adalah kaca sedangkan sebagai konduktor termal adalah aluminium yang dibentuk kumparan yang direndam dalam Cu/zeolit. Pada penelitian ini dibuat panel kolektor energi surya berukuran 50x50x5 cm dengan isolator kaca yang diisi dengan Cu/zeolit sebagai adsorben panas surya dan kumparan aluminium sebagai konduktor termal untuk tempat aliran air dinamis untuk membawa panas keluar sistem panel.

CARA PENELITIAN

Bahan

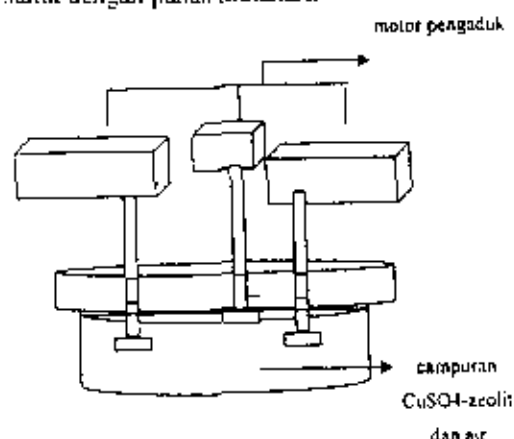
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kualitas teknis, larutan HF 40%, asam boraks 5%, larutan standar Cu, aquades, dan air raja/aquaregia.

Alat

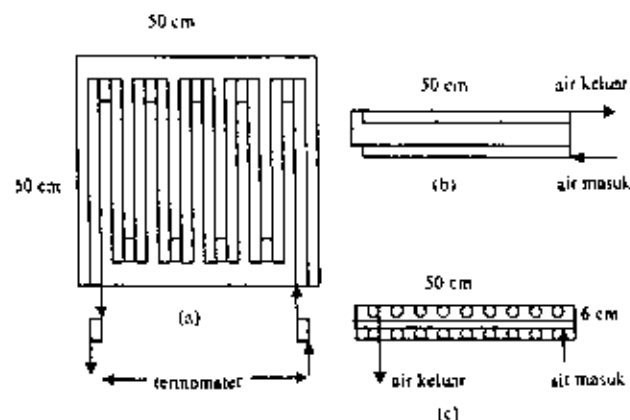
Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas peralatan gelas laboratorium, oven, motor pengaduk, alat ukur konduktivitas panas, dua set panel kolektor, selang plastik berdiameter $\frac{1}{4}$ inci, selang plastik berdiameter 0.5 cm, dan spektroskopi serapan atom. Skema motor pengaduk (3 buah) dan skema panel kolektor masing-masing ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2.

Jalan Penelitian

Zeolit alam yang digunakan adalah zeolit yang telah mengalami proses pembersihan di PT. Purosani Prima Zeolita, Yogyakarta berukuran 20-30 mesh. Zeolit ini dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan pengotornya dan selanjutnya dikeringkan di udara terbuka. Zeolit yang telah kering ini lalu dicampur dengan CuSO_4 dan akuades dengan perbandingan tertentu seperti ditunjukkan pada daftar I. Masing-masing zat seperti pada daftar I dicampur dalam gelas piala 250 ml untuk diaduk selama 24 jam. Sampel yang telah diaduk lalu dikeringkan dalam oven kemudian dilakukan analisis laju peningkatan suhu sistem statis dengan *water batch*, konduktivitas termal, kandungan Cu, dan pengamatan laju peningkatan suhu statik dengan panas matahari.



Gambar 1. Skema pengadukan campuran CuSO_4 -zeolit pengisi panel.



Gambar 2. Skema panel kolektor :

- skema panel tampak dari atas.
- skema panel tampak dari samping.
- skema panel tampak dari depan.

Daftar I. Komposisi sampel penelitian

No.	Zeolit Alam (g)	CuSO_4 (g)	Akuades (ml)
1	50	0	150
2	50	5	150
3	50	10	150
4	50	15	150
5	50	20	150
6	50	25	150
7	50	30	150

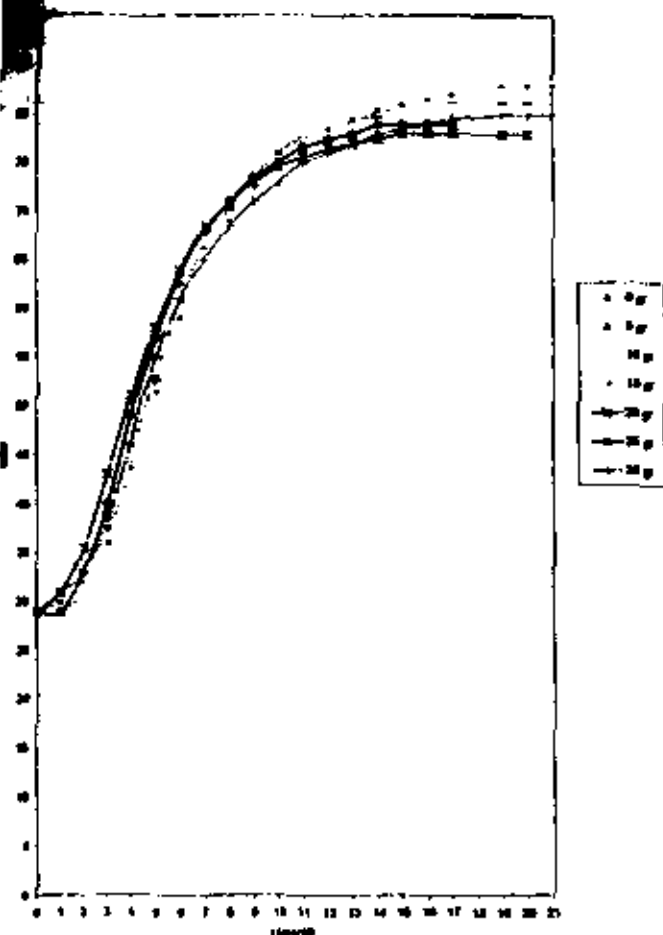
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Suhu Sistem Statik dengan Water Batch.

Hasil pengukuran laju kenaikan suhu sampel Cu/zeolit dalam *water batch* ditunjukkan pada gambar 3. Dari gambar 3, dengan menghitung besar slope atau kemiringan kurva dan suhu maksimum sistem (sampel) mencapai kesetimbangannya termal dapat diketahui perbandingan masing-masing sampel seperti disajikan pada daftar II.

Daftar II. Slope/kemiringan dan suhu maksimum sampel

No.	Perbandingan berat CuSO_4 : zeolit	Slope/kemiringan	Suhu maksimum $^{\circ}\text{C}$
1	0 : 50	12.5	78
2	5 : 50	8.33	81.5
3	10 : 50	10.17	83
4	15 : 50	7.33	83
5	20 : 50	7.75	78
6	25 : 50	7.83	79
7	30 : 50	8.25	80



Gambar 3. Suhu sampel Cu-Zeolit sebagai fungsi waktu.

Pengamatan laju kenaikan suhu sampel Cu/zeolit dalam *water batch* merupakan salah satu metode untuk menentukan komposisi CuSO_4 yang digunakan sebagai pengisi panel. Setiap sampel Cu/zeolit dengan komposisi CuSO_4 zeolit yang telah ditentukan, memberikan laju kenaikan suhu dan suhu maksimum yang berbeda yang dapat dicapai dalam *water batch* yang suhunya 98°C . Air panas yang dihasilkan oleh sistem kolektor tenaga surya kurang dari 93°C . Oleh karena itu pada penelitian ini diterapkan perlakuan suhu sistem Cu/zeolit mendekati suhu sistem kolektor tenaga surya.

Ketujuh sampel menunjukkan kecenderungan laju peningkatan suhu yang mirip. Untuk menentukan komposisi CuSO_4 dalam zeolit, maka digunakan analisis besar slope dan suhu maksimum yang dapat dicapai oleh masing-masing sampel. Dari gambar 3 dan daftar II dapat dipilih bahwa komposisi sampel yang dipilih adalah 10 g CuSO_4 dan 50 g zeolit. Laju kenaikan suhu untuk komposisi tersebut cukup tinggi dan kemampuan mencapai suhu untuk mencapai kesetimbangan termal dengan air dalam *water batch* paling tinggi.

Konduktivitas Termal Cu/zeolit

Konduktivitas termal setiap sampel diukur dengan menggunakan *heat conduction apparatus* dan hasilnya ditunjukkan pada daftar III.

Daftar III. Konduktivitas termal Cu/zeolit.

No.	Perbandingan berat CuSO_4 : zeolit	Konduktivitas termal (k) W/m K
1	0 : 50	0,1261
2	5 : 50	0,1261
3	10 : 50	0,1263
4	15 : 50	0,1263
5	20 : 50	0,1258
6	25 : 50	0,1268
7	30 : 50	0,1267

Konduktivitas termal menunjukkan kemampuan bahan untuk menghantarkan panas secara konduksi. Daftar III memberikan fakta bahwa semua sampel Cu/zeolit mempunyai daya hantar panas yang hampir sama. Tetapi pada saat Cu yang ditamban makin banyak, ada kecenderungan peningkatan konduktivitas termal meskipun sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain jumlah Cu yang terdistribusi sangat kecil (dapat diketahui dari hasil analisis spektroskopi serapan atom) dan faktor kerapatan Cu dalam sampel yang tidak sama.

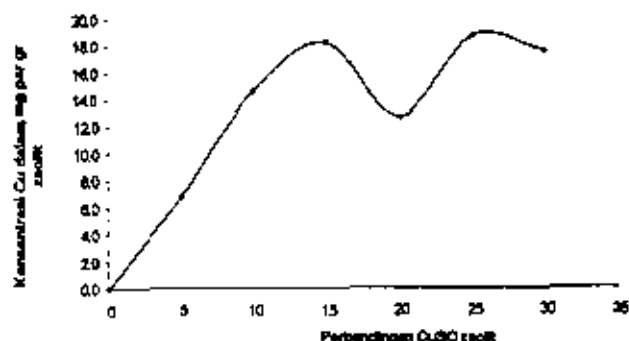
Konduktivitas Cu/zeolit dengan perbandingan 10 : 50 dan 15 : 50 mempunyai harga yang sama. Berdasarkan pertimbangan hasil analisis laju kenaikan suhu dan suhu maksimum dari kedua sampel, sampel dengan perbandingan CuSO_4 dan zeolit sebesar 10 : 50 mempunyai laju kenaikan suhu dan suhu maksimum yang lebih tinggi dari pada sampel dengan perbandingan 15 : 50, maka yang digunakan sebagai pengisi panel adalah sampel dengan perbandingan 10 : 50. Pertimbangan ini berlaku juga untuk sampel dengan penambahan CuSO_4 sebanyak 25 dan 30 g ke dalam 50 g zeolit.

Penetapan Kandungan Cu dalam Cu/zeolit.

Kandungan Cu dalam sampel Cu/zeolit dilakukan dengan analisis menggunakan spektroskopi serapan atom dengan mengukur absorbansi sampel terhadap pancaran gelombang yang diinduksi oleh lampu tabung katoda untuk Cu. Hasil analisis ditunjukkan pada daftar IV dan gambar 4. Dari gambar 4 dapat diketahui kapasitas maksimum dari zeolit untuk mengemban logam Cu yang terjadi pada sampel dengan perbandingan 25 : 50 sebesar 18,65 mg per gram zeolit. Data spektroskopi pada daftar IV dan gambar 4 belum dapat dijadikan dasar untuk menentukan perbandingan CuSO_4 dan zeolit yang dipakai karena semua sampel Cu/zeolit memiliki harga konduktivitas termal hampir sama, maka penentuan perbandingan CuSO_4 dan zeolit yang dipakai didasarkan kembali pada analisis laju kenaikan suhu dan suhu maksimum.

Daftar IV. Konsentrasi Cu pada tiap sampel.

No.	Perbandingan berat CuSO_4 : zeolit	Absorbansi	Cu, mg per g campuran Cu/zeolit
1	0 : 50	0	0
2	5 : 50	0,119	6,758
3	10 : 50	0,228	14,57
4	15 : 50	0,247	18,22
5	20 : 50	0,179	12,52
6	25 : 50	0,247	18,65
7	30 : 50	0,268	17,62



Gambar 4. Kurva konsentrasi Cu dalam sampel.

Analisis Rancangan Panel.

Kerja panel yang ditunjukkan pada gambar 2 terdiri atas dua tahapan, yaitu penyerapan panas surya oleh zeolit dan hantaran panas oleh Cu yang teremban dalam zeolit. Panel tersebut terdiri dari kumparan aluminium sebagai tempat aliran air yang terhubung oleh Cu/zeolit. Panas surya yang diserap di permukaan Cu/zeolit ditransfer menuju kumparan aluminium, selanjutnya oleh aluminium panas tersebut ditransfer menuju air yang mengalir secara dinamis dengan debit tertentu yakni sebesar 3,3 ml/detik atau sebanding dengan 11,88 L/jam.

Penempatan kumparan aluminium dalam panel dimaksudkan sebagai langkah efisiensi transfer panas dari Cu/zeolit ke air. Cu/zeolit dalam panel dipadatkan untuk mengurangi rongga-rongga udara yang dapat menurunkan laju hantaran panas dari permukaan Cu/zeolit ke air, karena udara memiliki konduktivitas termal yang kecil. Air tidak mengalami kontak langsung dengan Cu/zeolit

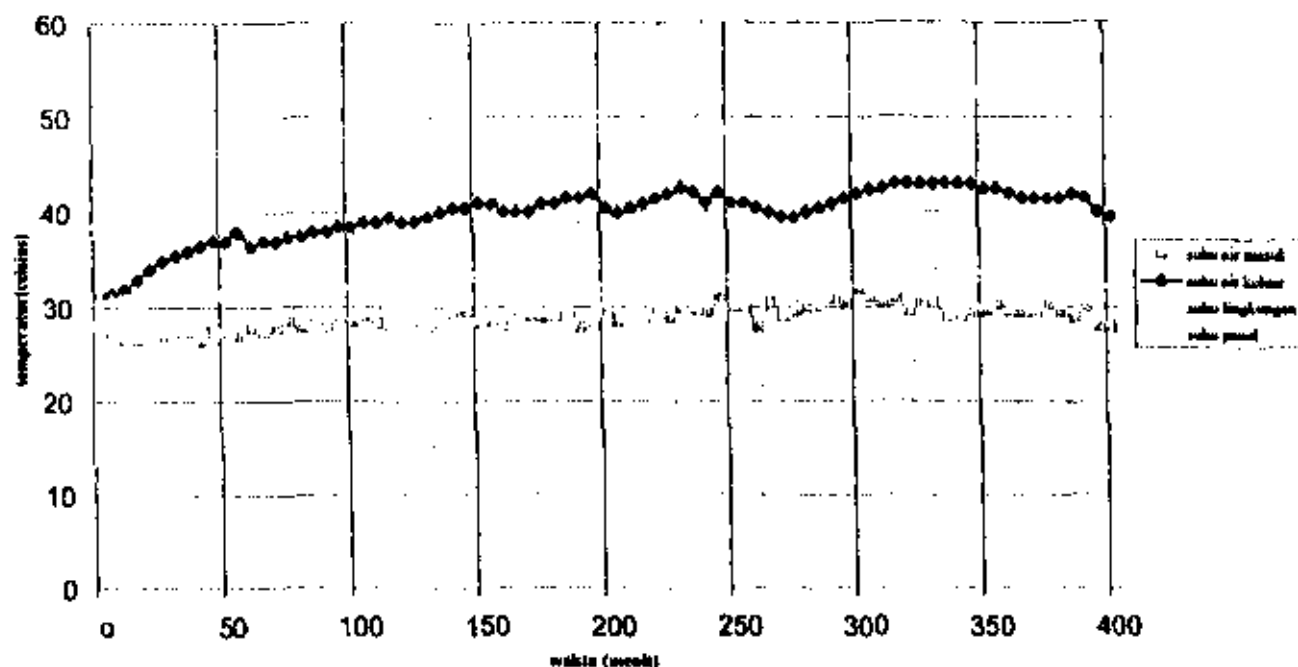
untuk menghindari larutnya garam CuSO_4 pada air keluaran.

Analisis Hasil Uji Lapangan Panel Cu Zeolit.

Sistem panel ini sangat dipengaruhi oleh cuaca lingkungan. Panel Cu/zeolit yang berfungsi sebagai pemanas air akan bekerja efektif mulai pukul 10.00 WIB setelah mengalami pemanasan awal selama 120 menit. Suhu maksimum dalam panel yang teramati adalah 53°C dan suhu air keluaran berkisar $40\text{--}43^\circ\text{C}$, dengan suhu air masuk berkisar 29°C . Peningkatan suhu Cu/zeolit diikuti dengan peningkatan suhu air yang keluar dari panel, demikian pula sebaliknya.

Adanya peningkatan suhu air yang masuk membuktikan bahwa pengumpanan Cu ke dalam zeolit cukup efektif untuk meningkatkan hantaran panas dari matahari, sehingga sistem panel Cu/zeolit mampu berfungsi sebagai kolektor tenaga surya. Hantaran panas dari permukaan Cu/zeolit ke air dalam kumparan aluminium relatif lambat karena pemanasan awal yang terjadi cukup lama. Di samping itu, suhu air yang keluar memiliki selisih yang agak besar $\approx 10^\circ\text{C}$ dengan suhu permukaan Cu/zeolit dalam panel. Hal ini disebabkan Cu yang teremban dalam zeolit sangat kecil sehingga proses hantaran panas dari permukaan panel ke air relatif rendah. Sedikitnya konsentrasi Cu yang terembankan karena proses impregnasi pada skala besar belum optimal.

Stabilitas termal baik Cu/zeolit maupun air yang keluar panel cukup tinggi, tampak dari gambar 5. Setelah mengalami pemanasan awal selama 120 menit, suhu air yang keluar terjaga secara konstan di atas 40°C hingga akhir pengamatan (pukul 15.00 WIB).



Gambar 5. Grafik peningkatan suhu sistem kolektor energi surya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan kajian dan terapan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem panel Cu/zeolit dapat digunakan sebagai sel kolektor tenaga surya yang aplikasi sederhananya sebagai pemanas air untuk kebutuhan rumah tangga. Sistem panel Cu/zeolit dengan aliran air yang dirancang peneliti mampu menghasilkan air panas dengan suhu maksimum 43°C dan suhu panel 53°C.

Saran

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan kerja panel Cu/zeolit ini adalah dengan :

1. Memperbaiki optimasi proses impregnasi dalam skala besar agar Cu yang teremban dalam zeolit optimal.
2. Memperkecil terbentuknya rongga udara antar Cu/zeolit dalam panel.
3. Mempertipis tehal kaca hidang atas panel.
4. Mengganti hidang bawah panel dengan bahan isolator.

DAFTAR PUSTAKA

Broek, D.W., 1974, *Zeolite Molecules Sieves Structure Chemistry and Role*, John Wiley and Sons, New York.

Davis, 1991, *Zeolite and Molecule Sieves*, Ind. Eng. Chemistry Press.

Duffie, J.A., 1978, *Solar Energy Thermal Processes*, John Wiley and Sons, New York.

Hamdan, H.D., 1992, *Introduction to Zeolite and Synthetic Characteristic and Modification*, Universitas Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur.

Holman, J.P., 1981, *Heat Transfer*, 5th edition, McGraw-Hill Company, New York.

Rachmawati, S.M., 1994, *Zeolit*, cetakan 1, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, Jakarta.

Suyitno, 1981, *Rekayasa Pangan*, Gadjah Mada Press, Yogyakarta.

Tchernev, D.I., 1978, *Solar Energy Application of Natural Zeolites in Natural Zeolites Occurrence, Properties, Use*, edited by L.B. Sand and Mumpton, Pergamon Press, Oxford.

Vaughan, D.E.W., 1978, *Solar Energy Application of Natural Zeolites in Natural Zeolites Occurrence, Properties, Use*, edited by L.B. Sand and Mumpton, Pergamon Press, Oxford.

Redaksi & Staf

Buletin **PENALARAN** Mahasiswa UGM

Mengucapkan

SELAMAT BERJUANG

Bagi Adik-Adik Mahasiswa Baru UGM

Tahun Akademik 2000/2001